Aus dem hygienisch-chemischen Laboratorium in der Kgl. Kaiser Wilhelms-Akademie für das militärärztliche Bildungswesen.

Ueber eine neue Methode zur quantitativen Bestimmung der Rohfaser.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen philosophischen Facultät der Universität Rostock

vorgelegt vom

approb. Nahrungsmittel-Chemiker **Georg Lebbin**

aus Berlinchen.

München 1896.

Druck von R. Oldenbourg.

Aus dem hygienisch-chemischen Laboratorium in der Kgl. Kaiser Wilhelms-Akademie für das militärärztliche Bildungswesen.

Ueber eine neue Methode zur quantitativen Bestimmung der Rohfaser.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen philosophischen Facultät der Universität Rostock

vorgelegt vom

approb. Nahrungsmittel-Chemiker **Georg Lebbin**

aus Berlinchen.

München 1896.

Druck von R. Oldenbourg.

Referent: **Professor Dr. Michaelis.**

(Sonderabdruck aus dem Archiv für Hygiene, Bd. XXVIII.)

Bei der Untersuchung grösserer Reihen von Roggen- und Weizenmahlproducten machte sich das Bedürfnis geltend, ein Verfahren ausfindig zu machen, welches gestattet, den Rohfasergehalt von Cerealien in einfacher und befriedigender Weise zu bestimmen. Es existirt zwar eine grosse Anzahl von Methoden, die diesem Zwecke dienen, allein nur eine einzige von ihnen, das sogenannte Weender Verfahren, hat sich Eingang in weitere Kreise zu verschaffen gewusst.

Seitdem der Engländer Sir Humphry Davy als der Erste eine Anleitung zur Abscheidung der Holzfaser veröffentlicht hat (s. unten), ist das Bestreben, eine brauchbare Methode zu besitzen, immer lebhafter geworden. Insbesondere haben sich die seit Anfang der fünfziger Jahre in's Leben gerufenen zahlreichen landwirthschaftlichen Versuchsstationen die Sache angelegen sein lassen. So kommt es, dass wir heute gegen 40 verschiedene Vorschläge zur Rohfaserbestimmung verzeichnen können.

Die wichtigsten derselben sollen hier kurz skizzirt werden.

1. Sir Humphry Davy, in seinen »Elemente der Agrikulturchemie«, deutsch von Friedr. Wolff, Berlin 1814, S. 116, bezeichnet als Rohfaser alles das, was bei abwechselnder Behandlung von Pflanzentheilen mit siedendem Wasser und siedendem Alkohol übrig bleibt. Davy fügte schon hinzu, dass es so viele verschiedene Arten von Pflanzenfasern gibt als Pflanzen und Pflanzenorgane.

2. Carl Sprengel, Chemie für Forstmänner, Landwirthe und Cameralisten, Göttingen 1832, Bd. II S. 250; Holzfaser ist im möglichst reinen Zustande dadurch zu erhalten, dass man Pflanzentheile zerkleinert, wiederholt mit Wasser, Aether, Weingeist, verdünnter Salzsäure, wässrigem Kali und Chlorwasser behandelt. Zuletzt wird noch mit Wasser ausgekocht.

3. Horsford und Krocker, Annalen der Chemie und Pharmacie 1846, S. 166 und 212, digeriren nach Liebigs Vorschrift die zu untersuchende Substanz längere Zeit mit verdünnter Salzsäure, gossen dieselbe von Zeit zu Zeit ab und erneuerten sie. Nach ebensolcher Behandlung mit verdünnter Kalilauge wurde nach 2 Monaten abfiltrirt, ausgewaschen, getrocknet und gewogen.

3. J. Thomas Way, Journal of the Royal Agricultural Society of England XIV (1853) S. 171—187; lässt die Substanz »mehrmals mit mässig starker Kalilauge« erhitzen, abfiltriren, waschen u. s. w. Es wird angenommen, dass auf diese Weise Gummi, Zucker, Stärke gemeinschaftlich mit den Eiweissstoffen gelöst werden. Der Aschengehalt ist vom Rückstand abzuziehen.

5. H. Ritthausen, Mittheilungen aus Waldau, Heft I Seite 68, Berlin 1859 bei Gustav Bosselmann. Holzfaser bezeichnet immer die Substanz der Pflanze, welche nach dem Auskochen mit 2proc. Schwefelsäure und ebensostarker Kalilauge unter Abrechnung des verbleibenden Aschengehalts erhalten wurde.

6. Th. Dietrich, Berichte der Versuchsstation Haydau 1862; Holzfaser wird mit 1proc. Salzsäure und 1proc. Kalilauge bei ¼stündigem Kochen erhalten.

7. Peligot, Annales de Chimie et de Physique 1849, Band 39, fand, dass eine Mischung von 100 Theilen gewöhnlicher Schwefelsäure und 91,8 Theilen Wasser sowohl die Stärke als auch den Kleber auflöst, besonders wenn man das Gemenge bei etwas unter 100° erwärmt. Oder man lässt die Säure 24 Stunden mit dem Mehle stehen; die Masse wird durchscheinend und violett. Beim darauffolgenden Erhitzen schwärzt sich die Masse; durch nun folgende Verdünnung mit Wasser

wird die Masse wieder hell; man filtrirt ab, wäscht die breiige Cellulose mit heissem Wasser, darauf mit Kalilauge, welche eine braune Substanz und Fett entfernt. Dann wird wiederholt mit Wasser, Essigsäure, wieder Wasser, Alkohol und Aether gewaschen, bei 110° getrocknet und gewogen.

8. F. Krocker, Annalen der Landwirthschaft im Preussischen Wochenblatt 1865; Rohfaser wird erhalten durch successive Behandlung der Objecte mit Wasser, Alkohol, Aether, 3proc. Schwefelsäure und 3proc. Kalilauge, wieder Wasser und zuletzt Essigsäure. Asche und Stickstoffsubstanz wird abgezogen.

9. H. Grouven (Versuchsstation Salzmünde) Annalen der Landwirthschaft in Preussen 1862, Seite 302. Die Trockensubstanzen werden 7 Stunden mit 5proc. Schwefelsäure und dann ebensolange mit 3proc. Kalilauge digerirt.

10. Moser, Weender Jahresberichte 1855/56 II 29 digerirt mit Kalilauge und dann mit Salzsäure bei angehender Siedehitze. Die Concentration war stärker als beim Weender Verfahren (1¼).

11. A. C. Oudemans jun., Weender Jahresberichte 1857/60 II, Seite 92; die Substanz wurde mit einem kalt bereiteten Malzaufguss bei 70° solange erwärmt, bis die Stärke gelöst schien. 4 Theile der erhaltenen Flüssigkeit wurden mit 1 Theil 20proc. Kalilauge einige Minuten erwärmt und filtrirt. Der Rückstand wurde mit warmer, verdünnter Kalilauge, kochendem Wasser, Essigsäure, Alkohol und Aether ausgewaschen und bei 130° getrocknet.

12. Th. Dietrich, Landwirthschaftliche Zeitung für Kurhessen 1858, Seite 100; 5 g Trockensubstanz werden ¼ Stunde mit 300 ccm 2proc. Salzsäure, dann ¼ Stunde mit 1proc. Kalilauge gekocht.

13. Ed. Peters, Landwirthschaftliche Versuchsstationen III (1861). Die mit Aether extrahirten Substanzen werden 2mal je ½ Stunde mit 2proc. Schwefelsäure und 2proc. Kalilauge ausgekocht.

14. L. Grandeau, in Emil Wolffs Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes, lässt 2 g Substanz mit 100 ccm 2proc. Schwefelsäure 1½ Stunde unter Druck bei 108° und dann ebenso mit 5proc. Kalilauge behandeln.

15. Fr. Nobbe und Th. Siegert, landwirthschaftliche Versuchsstationen IV (1862), Seite 238 und 243; die gepulverte und getrocknete Substanz wird mit warmem Wasser ausgelaugt, dann mit 3proc. Kalilauge und nachher mit 3proc. Salzsäure je 15 Minuten gekocht, gewaschen u. s. w.

16. C. Reichhardt, Annalen des landwirthschaftlichen Wochenblattes 1869, Seite 401, lässt mit 5proc. Natronlauge und 5proc. Schwefelsäure kochen.

17. H. Ritthausen, Untersuchungen der landwirthschaftlichen Untersuchungsstation der Leipziger ökonomischen Societät (sogenannte Möckernsche Berichte) IV Seite 19. 4 bis 6 g Trockensubstanz werden mit 100 ccm 4proc. Schwefelsäure bezw. Kalilauge und gleichviel Wasser ½—1 Stunde, nach Bedürfnis auch länger, in der Siedehitze digerirt. Von der mit viel Wasser versetzten Menge wurde nach dem Absetzen die klare Flüssigkeit abgehebert, der Rest filtrirt.

18. C. M. Eisenstuck, Landwirthschaftliche Versuchsstationen III (1861) Seite 237. Nacheinander folgende Digestion mit 3proc. Salzsäure, 3proc. Natronlauge, Alkohol, Aether in gelinder Wärme.

19. Poggiale, N. J. Pharm. 30, 180 und 255. Die Holzfaser wurde bestimmt, indem zunächst die in Wasser und Aether löslichen Substanzen entfernt und im Rest die Stärke durch Diastase in Zucker verwandelt wurde. Vom Gewicht des Rückstandes wurde die durch direkte Bestimmung ermittelte Menge der Stickstoffsubstanzen abgezogen.

20. Peter Collier, Annual Report of the Commissioner of agriculture (Report of the Chemist) for 1878, Washingtone 1879; 2 g Substanz wurden mit 150 ccm Powers und Weightmans unterchlorigsaurem Natron bis zum vollständigen Bleichen, darauf mit 150 ccm ¼proc. Kalilauge 2 Stunden gekocht, das Ungelöste auf's Filter gebracht, mit Wasser, Alkohol und Aether

gewaschen. Vom gewogenen Rückstand wurden Asche und ungelöste Stickstoffsubstanzen abgezogen.

21. Pillitz, Zeitschrift für analytische Chemie XI (1872) Seite 46, lässt das Futtermittel mit verdünnter Schwefelsäure im Einschlussrohr bis auf 140° erhitzen; der Rückstand wird mit Wasser, Alkohol und Aether gewaschen. Die Asche wird abgezogen.

22. J. Fittbogen (Versuchsstation Regenwalde), Landwirthschaftliche Jahrbücher I 1872 Seite 614, unterscheidet zwischen »nutzbarer« und »werthloser« Cellulose. Die erstere wird durch 1proc. Schwefelsäure in Zucker umgewandelt, die zweite nicht.

23. Franz Schulze, Beiträge zur Kenntnis des Lignins, Rostock 1856 (Chemisches Centralblatt 1857, Seite 351). Die Substanz wird mit Wasser, Alkohol und Aether extrahirt und getrocknet. Von dieser Trockensubstanz wird je ein Theil mit 12 Theilen Salpetersäure vom spec. Gewicht 1,15 und 0,8 Theilen Kaliumchlorat 14 Tage lang bei einer 15° nicht übersteigenden Temperatur stehen gelassen. Alsdann wird mit etwas Wasser verdünnt, filtrirt, ausgewaschen, der Filterinhalt in ein Becherglas zurückgespült, bei 60° im Wasserbade ungefähr 1 Stunde lang mit verdünntem Ammoniak (50 ccm concentrirter Salmiakgeist auf 950 ccm Wasser) digerirt, filtrirt, mit demselben verdünnten Salmiakgeist gewaschen, bis das Filtrat farblos wird, dann mit kaltem, dann mit heissem Wasser, Alkohol und schliesslich Aether nachgespült.

24. Hugo Müller, Centralblatt für Agriculturchemie Bd. 11, Seite 273 (Entwickelung der chemischen Industrie 2, 27). 2 g bei 110—115° getrockneter Substanz werden bei hohem Wachs- oder Harzgehalt mit einem Gemisch aus Benzol und Alkohol extrahirt, darauf einige Male mit Wasser oder sehr verdünntem Ammoniak ausgekocht. Die gut zerquetschte Substanz wird nun mit 100 ccm Wasser übergossen und 5—100 ccm 0,4proc. Bromwassers zugesetzt. Sobald die Farbe des Broms verschwunden ist, setzt man eine neue Menge Brom hinzu und fährt damit fort, bis nach 24 Stunden noch freies Brom vorhanden ist. Man wäscht dann mit Wasser aus und erhitzt mit einem Gemisch

von 2 ccm Ammoniak und 500 ccm Wasser bis nahe zur Siedetemperatur, wäscht wieder aus und wiederholt die Behandlung des Rückstandes mit Bromwasser, bis sich die Flüssigkeit nicht mehr bräunt. Die blendend weisse Masse wird mit Wasser und kochendem Alkohol ausgewaschen, getrocknet und gewogen.

25. Grandeau, Traité d'analyses des matières agricoles, Paris 1877, Seite 310. 3 g der zu untersuchenden Substanz werden in einer Porzellanschale mit 50 ccm 10proc. Salzsäure und 150 ccm Wasser übergossen und unter Ersatz des verdampfenden Wassers ½ Stunde gekocht. Man lässt erkalten, absetzen und dekantirt. Dann wird der Rückstand mit Wasser ½ Stunde gekocht und ebenso behandelt, alsdann mit 200 ccm 1¼proc. Kalilauge und darauf mit 200 ccm Wasser je ½ Stunde gekocht. Der Rückstand wird auf dem Filter mit Wasser, Alkohol und Aether gewaschen. Vom Rückstand ist die Asche abzuziehen.

26. Hönig, Chemiker Zeitung 1890, Nr. 53 und 54. 2 g feingepulverte Substanz trägt man in ein trockenes Kölbchen, gibt 60 ccm möglichst wasserfreien Glycerins dazu, erhitzt unter fleissigem Rühren im Schwefelsäurebade auf 210°. Nach ½ bis ¾ Stunden ist die Aufschliessung beendet. Man lässt den Kolbeninhalt auf 130° erkalten und giesst die abgekühlte Lösung in dünnem Strahl in 200 ccm heissen Wassers oder besser 95proc. Alkohols hinein. Das Zersetzungsgefäss wird mit höchstens 50 ccm siedenden Wassers ausgesäubert. Nach sorgfältiger inniger Mischung und vollständigem Erkalten werden noch 50—60 ccm Aethers zugesetzt, um eine vollständige Zersetzung und leichtere Filtration zu erzielen. Nach genügendem Absetzen wird durch eine Faltenfilter filtrirt. Durch Alkoholäther (5 : 1) lässt sich der Filterrückstand leicht vom Glycerin befreien. Filter sammt Inhalt werden auf eine Thonplatte gelegt, nach dem Trocknen der Niederschlag mit 100—150 ccm Wasser in einen Kochkolben gespritzt, erhitzt, bis aller Alkohol verjagt ist, dann 10 ccm Salzsäure von 1,125 spec. Gewicht dazugegeben, mit aufgesetztem Kühlrohr ½ Stunde im siedenden Wasserbade erwärmt; hierbei bleibt Cellulose unverändert, während die Zersetzungsproducte

der Stärke sich lösen. Der Niederschlag wird nun gesammelt und in üblicher Weise zur Wägung vorbereitet.

27. Gerhard Lange, Zeitschrift für physiologische Chemie XIV (1880), Seite 283. 10 g Substanz, 30—40 g Aetzkali, ebensoviel Wasser werden im Oelbade erhitzt. Die Temperatur soll langsam auf 180° steigen und das Erhitzen 1 Stunde lang fortgesetzt werden. Den auf 80° erkalteten Retorteninhalt bringt man dann mit heissem Wasser in ein Becherglas, säuert nach dem Erkalten mit Schwefelsäure an und fällt dadurch quantitativ die Cellulose neben anderen Verbindungen. Wird die saure Flüssigkeit nun ganz schwach alkalisch gemacht, so geht alles ausser der Cellulose wieder in Lösung. Die letztere wird über einem Platinconus abgesogen und zur Wägung vorbereitet. Die Asche kommt in Abzug.

28. S. Gabriel-Breslau, Zeitschrift für physiologische Chemie XVI (1892), Seite 385. 2 g Substanz und 60 ccm Glycerinkalilauge (durch Lösen von 33 g Aetzkali in 1 l Glycerin erhalten) werden langsam bis 180° erhitzt. Die auf 140° wieder abgekühlte Masse wird in eine 200 ccm siedendes Wasser enthaltende Schale entleert. Die gut gemischte und klar sedimentirte Flüssigkeit wird mittels Heber abgehoben. Der Rückstand wird mit 200 ccm Wasser zweimal, das letzte Mal unter Zugabe von 5 ccm 25proc. Salzsäure aufgekocht, abfiltrirt, mit Alkohol und Aether gewaschen. Die Asche wird abgezogen.

29. W. Hoffmeister, Landwirthschaftliche Jahrbücher 1888, Seite 239. Die fein zerkleinerten Substanzen werden mit Aether völlig erschöpft. Dann übergiesst man in einem Kolben 1 Theil Substanz mit 6 Theilen Salzsäure von 1,05 spec. Gewicht. Bei sehr voluminösen Substanzen muss man soviel Säure nehmen, dass alles damit bedeckt ist und das Ganze sich gut umschütteln lässt. Dann gibt man soviel Kaliumchlorat dazu, dass im Verlaufe der Reaktion stets ein Ueberschuss vorhanden ist, lässt den Kolben 24 Stunden bei Zimmertemperatur stehen und schüttelt ihn zeitweilig um. Die Reaction ist dann meist vollendet, d. h. die Substanz ist durch alle Theile hellgelb gefärbt.

30. Derselbe. Landwirthschaftliche Jahrbücher 1889, Seite 767. 1 Theil vorher entwässerte und entfettete Cerealien oder Kleie wird mit 5 Theilen Eisessig, dem auf 20 ccm ein Tropfen concentrirter Salzsäure zugesetzt ist, einige Stunden im Wasserbade bei 86—90° digerirt. Sollte nach dem Auswaschen der Säure noch Stärke zu erkennen sein, so wird sie nach der Behandlung mit Ammoniak löslich und leicht auswaschbar.

31. Stutzer und Isbert, Zeitschrift für physiologische Chemie XII (1888), Seite 94. Verfasser schlagen vor, die Holzfaser nicht mehr zu bestimmen, sondern statt dessen die künstliche Verdauung der Kohlehydrate vorzunehmen. Das geschieht durch succesive Einwirkung von Malzdiastase, Pepsin und Pankreas auf die Untersuchungsobjekte.

32. Autor unbekannt. 2 Theile der zerkleinerten Substanz werden mit 300 ccm einer 1proc. Kaliumpermanganatlösung ½ Stunde gekocht und dann mit Schwefelsäure und Oxalsäure entfärbt.

33. Autor ebenfalls unbekannt. Das Verfahren beruht auf der leichten Löslichkeit von Stärke in 10proc. Oxalsäurelösung.

34. F. Stohmann, F. Rautenberg und W. Henneberg, Fütterungsversuche mit zwei volljährigen Ochsen vom December 1860 bis September 1861 (enthalten in »Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer«, Braunschweig 1864 bei C. A. Schwetzke & Sohn, Seite 48 im 2. Heft; sogenanntes Weender Verfahren. Original Beschreibung).

»Bei der Bestimmung des in verdünnter Schwefelsäure und in verdünnter Kalilauge Unlöslichen — sogenannter Holzfaser — wurde folgendermaassen verfahren: Etwa 3 g trockne Futterstoffe oder Koth (Oelkuchen nach vorheriger Extraction mit Aether) wurden mit 50 ccm 5proc. Schwefelsäure und 150 ccm Wasser ½ Stunde unter Ersatz des verdampfenden Wassers in einer Porcellanschale gekocht, zum Absetzen stehen gelassen, die Flüssigkeit mit einem kleinen Glasheber abgehoben, der Rückstand zweimal mit Wasser ausgekocht, die jedesmal abgehobene Flüssigkeit mit der ersten vereinigt. Der Rückstand dann ganz in derselben Weise mit 50 ccm 5proc Kalilauge und

150 ccm Wasser, dann mit Wasser behandelt und zuletzt auf ein gewogenes Filter gebracht; die kalihaltige Flüssigkeit soweit als möglich mit dem Heber abgehoben, der Absatz mit dem Filterinhalt vereinigt, letzteres bis zum Verschwinden der alkalischen Reaction ausgewaschen, der Absatz aus den schwefelsäurehaltigen Flüssigkeiten aufgegeben, dann successive mit Wasser, Alkohol und Aether vollständig ausgewaschen, getrocknet, gewogen und zur Bestimmung des Aschengehaltes verascht.«

Die meisten dieser Vorschläge sind entweder von vornherein unbeachtet geblieben oder doch sehr bald wieder durch andere Verfahren verdrängt worden. Es erscheint deshalb heute unnöthig, sich mit ihnen von einem andern als dem historischen Gesichtspunkte aus, zu beschäftigen.

Nur einige wenige Methoden sollen in einem späteren Abschnitte näher gewürdigt werden.

Wenn in der vorliegenden Arbeit von Rohfaser oder Holzfaser die Rede ist, so wird damit nicht ein bestimmtes, chemisches Individuum gemeint, wenigstens nicht im gewöhnlichen Sinne. Gerade so wie beispielsweise mit der Bezeichnung »Butter« ein wohl definirter, aber doch nicht durch eine chemische Formel darstellbarer Körper bezeichnet wird, so ist Rohfaser oder Cellulose im Sinne des Nahrungsmittelchemikers, von dem allein hier die Rede ist, ein Bestandtheil vegetabilischer Nahrungsmittel, speciell der Mehle, deren Qualität durch die in ihnen enthaltene Menge dieses Körpers erheblich beeinflusst wird.

Für die hygienische Beurtheilung eines Nahrungsmittels ist die zur Zeit übliche Methode der Fettbestimmung durch Extrahiren der zu untersuchenden Substanz mittels Aether trotz der wohlbekannten Fehler ausreichend, wenn auch in besonderen Fällen bei stark chlorophyll-, harz- oder wachshaltigen Futterstoffen die zulässige Fehlergrenze überschritten wird. Eine Verfeinerung der Methode behufs vollständiger Ausschliessung aller nichtfettigen Substanzen ist vom wissenschaftlichen Stand-

punkt durchaus zu fordern, dennoch wird aber eine derartige exactere Bestimmung dem Analytiker nur dann von besonderem Vortheil sein, wenn die Methode nicht wesentlich complicirter wird.

Das Ziel, welches der Nahrungsmittelchemiker verfolgt, ist: einen in Zahlen ausdrückbaren Werth zu erhalten, welcher ihm ein Urtheil über die Güte der ihm vorliegenden Substanz erlaubt oder das schon anderweitig abstrahirte Votum weiter unterstützt.

Von diesem Gesichtspunkte aus will die vorliegende Arbeit aufgefasst werden. Ihr Zweck ist, für die Beurtheilung von Mehlen auf Grund chemischer Untersuchungen, die Bestimmung der Rohfaser nicht nur als sehr werthvollen Anhaltepunkt hervorzuheben, sondern auch mit grösserem Nutzen als bisher anwendbar zu machen. Denn über die Qualität des Mehles giebt von den bekannten Bestandtheilen keiner so genaue Auskunft, wie die Rohfaser.

Zum Zeugnis dessen mag hier das Untersuchungsergebnis einer Roggenausmahlung in drei Mahlgängen und dem aus ihnen gewonnenen Mischmehl, wie es zum Verbacken bestimmt war, Platz finden.

Während der Aschengehalt eines Mehles im Allgemeinen ein zuverlässiger Wegweiser für den Gutachter ist, so würde er doch im vorliegenden Falle im Stich lassen, da zwischen dem 1. und 2. Mahlgang, wie die Tabelle auf S. 13 zeigt, nur eine Differenz von 0,02 % der Asche vorhanden ist, während der Rohfasergehalt um 0,58 % ansteigt.

Die Wichtigkeit derartiger, regelmässig auszuführender Bestimmungen dürfte danach kaum zu bezweifeln sein. Häufig ist dieselbe nur darum verkannt worden, weil die üblichen Methoden, insbesondere die Weender, viel zu niedrige Werthe geben. Es leuchtet ein, dass infolgedessen die Differenzen zu klein erscheinen müssen, geringe Unterschiede ganz verwischt werden und die Erkenntnis des Werthes der Rohfaserbestimmung nicht zum Durchbruch kommt, wenn es sich nicht gerade um hochprocentige Produkte handelt.

Tabelle I.

	Bestandtheile in wasserfreier Substanz				
	Proteïne	Fett	Asche	Rohhafer	Rest
1. Mahlgang mit 51% Mehlausbeute	7,88	1,19	0,77	2,53	87,63
2. Mahlgang mit weiteren 24% Mehlausbeute, also von 51—75% . .	8,55	1,38	0,79	3,11	86,17
3. Mahlgang mit 8% Mehlausbeute, hinter 75—83%	16,59	4,28	2,92	15,92	60,29
Mischmehl, 83% des Aufschüttgutes, also 17% Abgang	8,86	1,68	1,15	4,19	84,12

Ausser dem eben erwähnten Fundamentalfehler kommt dem Weender Verfahren noch eine sehr grosse Umständlichkeit und Langwierigkeit zu, da die erhaltenen Flüssigkeiten, besonders die alkalischen, kaum zu filtriren sind. Die Schwierigkeit bezw. die Unmöglichkeit einer doch nothwendigen Filtration ist überhaupt der regelmässige Fehler der meisten empfohlenen Methoden. Die Bestimmung wird dadurch sehr langwierig und eventuell auch fehlerhaft.

An eine brauchbare Methode müssen deshalb die folgenden Anforderungen gestellt werden:

1. Das Verfahren muss einfach sein.
2. Die Dauer der Ausführung darf die für andere quantitative Bestimmungen in der Nahrungsmittelanalyse erforderliche Zeit nicht wesentlich übersteigen.
3. Die Resultate müssen gute Uebereinstimmung zeigen.
4. Das Verfahren darf Cellulose garnicht oder doch nur sehr mässig angreifen.
5. Etwaige Umwandlungsprodukte der Cellulose dürfen nicht entfernt werden.
6. Stärke muss schnell und vollständig in gelöste Verbindungen übergeführt und möglichst auch das Pflanzeneiweiss gelöst werden.

Bei der bekannten Unlöslichkeit der Cellulose wäre ein natürlicher Weg, um zum Ziele zu gelangen, der, dass man

sämmtliche anderen Bestandtheile des Mehles nacheinander entfernt, der Rest wäre dann die Rohfaser. Dazu wäre erforderlich, dass man sämmtliche Bestandtheile des Mehles kennt und Lösungsmittel für sie hat oder sie wenigstens quantitativ bestimmen kann. Leider sind aber durchaus noch nicht alle Bestandtheile des Mehles bekannt, sodass man sich nach einem anderen Wege umsehen muss.

Aber nicht einmal für die bekannten Verbindungen sind eigentliche Lösungsmittel bisher aufgefunden. Dagegen ist es möglich von den Hauptbestandtheilen des Getreides neben dem Wasser und den Mineralbestandtheilen wenigstens annähernd die stickstoffhaltigen Verbindungen und die Fettkörper zu bestimmen, so dass ein Rest verbleibt, der im Wesentlichen nur aus Stärke und nach höheren Polysacchariden bestehen kann. Wäre man nun im Stande, die Stärke bequem und mit genügender Genauigkeit ihrer Menge nach zu bestimmen, so würde die Rohfaser ungefähr dem Rest entsprechen Eine zufriedenstellende direkte quantitative Bestimmung der Stärke in Cerealien und dergl. ist aber noch ebenso wie die der Rohfaser selbst ein unerfülltes Desiderat.

Wohl aber kann man durch eine ganze Reihe von Körpern leicht die Stärke durch Ueberführung in lösliche Verbindungen entfernen, so dass sich aus dem Rückstand durch Differenzanalyse der Rohfasergehalt nunmehr ermitteln lässt. [Stärkefreier Rückstand minus (Asche + Fett + Eiweiss) gleich Rohfaser.]

Dieser Weg ist in der obigen Uebersicht in mannigfachster Weise versucht worden; die meisten Methoden schaffen sogar neben der Stärke auch noch die Eiweisskörper und das Fett fort, so dass nur die Asche von dem verbleibenden Rückstand abzuziehen ist.

Leider haftet der überwiegenden Menge der aufgeführten Verfahren der Fehler an, neben der Stärke auch Antheile der Rohfaser zu lösen bezw. in gelöste Produkte zu verwandeln, so dass der Rohfasergehalt zu niedrig gefunden wird, oder der Stärkelösungsprocess ist ein so unvollkommener, dass das Resultat

zu hoch wird, oder aber die Methode schliesst beide Fehler in sich, wobei allerdings zufällig ein richtiger Werth gefunden werden kann, wenn nämlich beide Fehler sich gerade compensiren.

Der zweite Fehler, unvollständige Lösung der Stärke, kann nun mittelst der Jodstärkereaction leicht erkannt werden, so dass diesbezüglich eine Methode leicht nachgeprüft werden kann. Für den Fall aber, dass der erste Fehler vorliegt, haben wir kein directes qualitatives Merkmal, da die Produkte der Hydrolyse der Stärke und der Cellulose im Allgemeinen die gleichen sind. Dagegen haben wir meines Erachtens einen quantitativen Anhaltepunkt, indem diejenige Methode die beste sein muss, die bei nachgewiesen vollständiger Entfernung der Stärke die höchsten Werthe für die Rohfaser ergiebt.

Alle bisher veröffentlichten Methoden haben diesen letzteren Gesichtspunkt ausser Acht gelassen und geben deshalb meist zu niedrige Werthe. Völlig unberücksichtigt blieb auch, dass in vielen Fällen schon der blosse Augenschein die Resultate als zu niedrig musste erscheinen lassen. In zahlreichen von König in seiner bekannten Zusammenstellung mitgetheilten Analysen wird z. B. für Roggen- oder Weizenkleie nur 2—5 oder 6% Rohfaser angegeben, ein Befund, der dem Untersucher bei näherer Betrachtung schon unwahrscheinlich vorkommen und ihn gegen seine Methode misstrauisch machen müsste.

Ein Hauptgrund für ein derartiges Vertrauen mag wohl in der grossen Zuversicht auf ältere, nicht oder doch ungenügend kontrollirte Angaben zu finden sein. Die Angabe beispielsweise, dass Cellulose weder von verdünnten Säuren noch von verdünnten Alkalien angegriffen werde, ist erst Jahrzehnte nachdem sie zur Grundlage für zahlreiche Methoden geworden war, in einwandfreier Weise nachgeprüft und als irrig befunden worden. Auf die bezüglichen Arbeiten von Hoffmeister[1]), Winter-

1) W. Hoffmeister, in den landwirthschaftlichen Jahrbüchern 1888 und 1889 und a. a. O.

stein[1]) und Krauch[2]), sowie Anderer kann hier nur verwiesen werden.

Eine besondere Fehlerquelle liegt in der successiven oder abwechselnden Behandlung des Untersuchungsobjectes mit verschiedenen Lösungsmitteln. Die an und für sich gegen ein einzelnes Angriffsmittel recht widerstandsfähigen Cellulosen werden, wenn sie hintereinander mit verschiedenen Agentien tractirt werden, durch die ersten für die folgenden zugänglich gemacht und erleiden dann unter Umständen bedeutende Verluste.

Obgleich z. B. 1¼ proc. Schwefelsäure oder ebenso starke Kalilauge Cellulose nur in geringem Grade angreifen, so wird doch eine recht erhebliche Menge der Faser (bis zu ⅓ oder ½) zerstört, wenn der Laugenbehandlung ein Abkochen mit der Säure voraufgegangen ist.

Auch wenn scheinbar keine Einwirkung stattgefunden hat, lässt sich häufig eine Veränderung der Cellulose an der Verschiebung ihrer Löslichkeitsverhältnisse erkennen. Es gelingt dann, mit kalten Laugen, die vorher ohne jede Wirkung auf die Cellulose waren, der letzteren je nach der Art der stattgehabten Behandlung wechselnde Mengen löslicher Antheile zu zu entziehen.

Wie W. Hoffmeister[3]) nachgewiesen hat, handelt es sich hier um die Verwandlung von Cellulose in Holzgummi, was bei der sehr geringen Verschiebung der Gewichtsverhältnisse für eine quantitative Bestimmung der ersteren nur dann von Bedeutung wird, wenn das nicht mehr unlösliche Umwandlungsproduct bei der späteren Behandlung ganz oder theilweise entfernt wird, wie das der Fall ist, wenn auf eine Abkochung mit Säure noch eine Behandlung mit Alkali folgt.

An einer anderen Stelle[4]) gibt derselbe Autor hierzu die in Tabelle II folgenden Zahlen als Illustration.

---

1) Winterstein, Zeitschrift für physiologische Chemie, 1893.

2) C. Krauch, Landwirthschaftliche Versuchsstationen, 1880.

3) W. Hoffmeister, Die Rohfaserbestimmung und das Holzgummi, Landwirthschaftl. Versuchsstationen, 33; 1887.

4) Derselbe, Landwirthschaftl. Jahrbücher 1889, S. 767.

Tabelle II.

Löslichkeit von Cellulose, nach Hoffmeister's Verfahren (Nr. 29) dargestellt, in Natronlauge verschiedener Concentration.

	Gesammt-Cellulose	1	2	3	4	5	Summa des Gelösten	Ungelöst
		Procent NaOH						
Weizenkleie, Probe I	16,82	7,16	10,43	7,31	3,25	13,85	42,02	57,98
Weizenkleie, Probe II	17,08	7,08	10,51	7,26	3,42	13,83	42,10	57,90

Die alte Ansicht von der grossen Widerstandsfähigkeit der Cellulose ist danach irrthümlich. Wenigstens scheint die Verwandlung von Cellulose in Holzgummi, oder natronunlöslicher Cellulose in natronlösliche bei den mannigfachsten Processen vor sich zu gehen. Das trifft auch für die widerstandsfähigsten der bekannten Cellulosen, z. B. Watte zu.

Die folgende Tabelle, welche gleichfalls von Hoffmeister stammt und Resultate dieses Forschers nach seinem Verfahren (Nr. 29) und dem Weender Verfahren mit gleichem Material enthält, kann demnach nicht mehr befremden.

Tabelle III.

Cellulosebestimmungen in Kleien.

	Hoffmeister's Verfahren	Weender Verfahren
Kleie I	18,01	8,20
» II	20,60	9,21
» III	22,60	11,90
» IV	18,10	8,20

Aehnliche Zusammenstellungen werden im folgenden Abschnitt diesen Punkt noch mehr illustriren.

Experimenteller Theil.

In dem Bestreben, an die Stelle des Unvollkommenen etwas Vollkommeneres, wenn möglich ganz Vollkommenes, zu setzen, wurde der Plan befolgt, dass die auf ihre Verwendbarkeit zu prüfenden Substanzen sich befähigt zeigten:

1. Reine Stärke schnell und klar zu lösen.
2. Weizenkleber, insbesondere das sogenannte Aleuronat ebenfalls möglichst schnell und leicht zu lösen.
3. Die entstandenen Lösungen mussten gut filtriren.
4. Filtrirpapier und Watte durften nicht nennenswerth angegriffen werden.

Ein grosse Reihe von Lösungsmitteln besass die verlangten Eigenschaften theilweise, aber nicht ganz.

Der Prüfung wurden unterworfen:

Destillirtes Wasser,
Kalilauge verschiedener Concentration, unter wechselnden Versuchsbedingungen,
Glycerin und Glycerinkalilauge,
Schwefelsäure verschiedener Concentration,
Oxalsäure in 10proc. Lösung,
Kaliumpermanganat,
Chlorgemisch ($HCl + KClO_3$),
Schulzesches Reagens ($HNO_3 + KClO_3$),
Eisessig,
Ammoniak verschiedener Concentration,
Bromwasser,
Kalium- und Calciumbisulfit,
Wasserstoffsuperoxyd.

I. Versuche mit verschiedenen Reagentien.

Unter diese Rubrik entfallen die Versuche, welche nicht zum gewünschten Ziele führten und mit den oben aufgeführten Verbindungen mit Ausnahme des Wasserstoffsuperoxyds ausgeführt wurden. Nur wenige von ihnen sollen hier mitgetheilt werden. Die Wasserstoffsuperoxydversuche führten zu so befriedigenden Resultaten, dass sie zur Grundlage eines neuen Verfahrens gemacht werden konnten. Diese Versuche werden deshalb im nächsten Abschnitt gesondert aufgeführt.

1. Destillirtes Wasser.

Ganzes Korn wurde 6 bis 8 Tage mit destillirtem Wasser bei 40° in Berührung gelassen, fleissig verrührt, das Wasser

öfters erneuert und schliesslich ein nur aus den Schalen bestehender Rückstand gewonnen. Die Versuche wurden mit je 10 g ursprünglicher Substanz angestellt. Das Ergebnis war wie folgt:

		Rückstand in g	Rückstand in %
Probe I	1. Versuch	2,2675	22,68
	2. »	2,3710	23,17
Probe II	1. Versuch	2,0255	20,26
	2. »	2,2330	22,33
Probe III	1. Versuch	2,4170	24,17
	2. »	2,4090	24,09
Probe IV		2,0850	20,85
Probe V		2,0060	20,06
Probe VI		2,2790	22,79

Destillirtes Wasser unter Druck; die angewandte Substanz wurde zu diesen und allen folgenden Versuchen, wenn nicht ein feines Mehl vorlag, auf einer Märker'schen Handmühle so fein vermahlen, dass dieselbe ohne Rückstand ein Sieb von 0,2 mm Maschenweite passirte.

2 g Roggenpulver (das ganze Korn) wurden mit 100 ccm Wasser im Autoklaven bei 5 Atmosphären Druck 3½ Stunden lang erhitzt.

Zwei Proben sind nicht filtrirbar; eine dritte ergibt 0,1875 g Rückstand darin 0,0120 g Asche; aschefreier Rückstand 8,77 %.

2. Kalilauge.

Die Wirkung der Kalilauge ist, wie zu erwarten, nach der Concentration verschieden.

Bei der leichten Löslichkeit von Stärke und Pflanzeneiweiss wurden zahlreiche Versuche besonders mit 3proc. Lauge angestellt. Irgend welche Constanz der erhaltenen Werthe konnte aber nicht erzielt werden. Von Interesse ist nur die in folgender Tabelle klar zum Ausdruck gelangende Thatsache, dass mit zunehmender Concentration und Kochdauer der Rückstand immer mehr abnimmt.

Von der mit Probe VI oben bezeichneten Roggensorte wurden je 2 g der gepulverten und entwässerten Substanz mit 100 ccm Lauge der angegebenen Concentration am Rückflusskühler gekocht.

Tabelle IV.

Nr.	Concentrat. der Lauge	Kochdauer	Rückstand g	Asche darin g	Aschefreier Rückstand in %
1	1/4 Procent	1 Stunde		nicht filtrirbar	
2	»	2 Stunden		desgl.	
3	»	3 »		desgl.	
4	»	4 »		desgl.	
5	1/2 Procent	1 Stunde		desgl.	
6	»	2 Stunden		desgl.	
7	»	3 »	0,1835	0,0150	8,42
8	»	4 »	0,1280	0,0145	5,67
9	1 Procent	1 Stunde	0,1565	0,0050	7,57
10	»	2 Stunden	0,1380	0,0065	6,57
11	»	3 »	0,1300	0,0105	5,97
12	»	4 »	0,1140	0,0135	5,02
13	»	5 »	0,1060	0,0135	4,62
14	2 Procent	1 Stunde	0,1045	0,0085	4,80
15	»	2 Stunden	0,0665	0,0075	2,95
16	»	3 »	0,0540	0,0085	2,77
17	»	4 »	0,0460	0,0085	1,87
18	3 Procent	1 Stunde	0,1050	0,0065	4,92
19	»	2 Stunden	0,0760	0,0075	3,42
20	»	3 »	0,0670	0,0090	2,90
21	»	4 »	0,0612	0,0065	2,73

Die Wirkung sehr concentrirter (50%) Lauge wurde in Form des Verfahrens von Lange (Nr. 27) geprüft.

Die zur Prüfung verwendeten Reincellulosen erlitten dabei folgende Verluste:

a) 1 g getrocknete und entfettete Watte hinterliess 1,0855 g Rückstand; darin war 0,1223 g Asche; also aschefreier Rückstand 0,9632 g; Verlust 3,77 %.

b) 5 g wasserfreies Filtrirpapier hinterliessen 4,6890 g Rückstand; darin 0,1750 g Asche; also aschefreier Rückstand 4,5140 g; Verlust 9,75 %.

3. Schulze'sches Reagens.

Gemahlene Weizenkörner mit Schulze's Reagens, Salpetersäure und Kaliumchlorat, nach Vorschrift (Nr. 23) behandelt, hatten sich in mehreren Versuchen bis auf geringe Spuren gelöst.

4. Bisulfitlösungen.

Die anfangs viel versprechenden Versuche liessen bald die erforderliche Constanz der Resultate vermissen. Reine Cellulose scheint, wie die Technik längst weiss, nur äusserst wenig gelöst zu werden.

a) 1 g Filtrirpapier mit Calciumbisulfitlösung 3—4 Stunden bei 150° digerirt hinterliess 1,4470 g; darin war Asche 0,4424 g; so dass ein Mehr von 0,23% erhalten wurde. Die Ursache dafür ist unaufgeklärt.

b) 1 g Watte ebenso behandelt hinterliess 1,1080 g; darin war Asche 0,1180 g; Verlust also 1%.

c) Roggen, 2 g, hinterliess bei ¾stündiger Einwirkung von Kaliumbisulfitlösung bei 5 Atmosphären Druck

α) 0,1230 g mit 0,0033 g Asche = 5,98%,
β) 0,1600 g » 0,0050 g » = 7,75%,
γ) 0,1540 g » 0,0230 g » = 6,55%,
δ) 0,1045 g » 0,0010 g » = 5,18%.

5. Künstliche Verdauung.

Gelegentlich des Studiums der Stutzer- und Isbert'schen Vorschläge (Nr. 31) wurden auch Versuche mit Pepsinsalzsäure angestellt. Zum Vergleich wurde dasselbe Material, eine Kleie, auch anderen Verfahren unterworfen. Mit Wasserstoffsuperoxyd hatten zu dieser Zeit die Versuche noch nicht begonnen.

Tabelle V.

Methode	Erster Versuch %	Zweiter Versuch %
Weender Methode (Nr. 34)	5,78	5,56
Glycerin-Methode nach König (Nr. 26)	8,28	9,78
Glycerinkali-Methode nach Gabriel (Nr. 28)	10,15	9,95
48stünd. Digestion mit {200 ccm Wasser, 1 g Pepsin, 0,25% HCl} bei 37°	13,75	13,77
Desgleichen, aber mit 1% HCl	14,05	13,50

II. Versuche mit Wasserstoffsuperoxyd.

Die Idee, eine Rohfaserbestimmung auf die Wirkung von Oxydationsmitteln zu begründen, ist nicht neu. Die mitgetheilten Methoden von Franz Schulze ($HNO_3 + KClO_3$), von Hoffmeister ($HCl + KClO_3$), von Hugo Müller (Brom), die von Peter

Collier (NaClO), sowie das Verfahren mit Permanganat sind ein hinreichender Beleg hierfür.

Es war deshalb naheliegend, Versuche mit Wasserstoffsuperoxyd anzustellen, einem Oxydationsmittel, welches den Vorzug besitzt, glatt im Wasser und Sauerstoff sich zu zerspalten und keine Fremdkörper den Lösungen zuzuführen.

Die althergebrachte Rasenbleiche ist im Grunde auch weiter nichts als eine etwas primitive Art, die Leinenfasern von unerwünschten Begleitern, besonders Farbstoffen, zu befreien, indem man der Sonne die Wasserstoffsuperoxyd-Bildung überlässt.

Das Wasserstoffsuperoxyd war daher den gestellten Anforderungen entsprechend zu prüfen:

1. auf sein Verhalten gegen reine Stärke;
2. auf sein Verhalten gegen reine Cellulose;
3. auf sein Verhalten gegen Pflanzeneiweiss;
4. auf die Constanz der erhaltenen Resultate.

Dabei musste auf gute Filtrationsfähigkeit der erhaltenen Lösungen geachtet werden.

Das Wasserstoffsuperoxyd, welches zu diesen Versuchen diente, ist das gewöhnliche des Handels. Es enthält etwa 20 % H_2O_2. Geringe Abweichungen hiervon sind ohne Einfluss auf die Resultate, doch sind grössere (über 2 %) zu vermeiden. Die Gehaltsermittelung erfolgt durch Titration mit Permanganat. Ein Gehalt von etwas Baryum ist nicht störend, dagegen ist auf den Säuregehalt zu achten. Bei mehr als 0,2 % freier Säure muss eine entsprechende Abstumpfung mit verdünntem Ammoniak stattfinden.

A. Verhalten gegen Stärke.

Um festzustellen, ob Wasserstoffsuperoxyd Stärke genügend schnell und glatt in lösliche Verbindungen überführt, wurde ein dicker Stärkekleister hergestellt und mit H_2O_2 versetzt.

Weder in der Kälte noch in der Siedehitze zeigte sich eine merkliche Veränderung. Erst nach lange anhaltendem Kochen trat langsame Verflüssigung ein.

Setzt man dem Gemisch aber etwas Ammoniak zu, so bekommt man in der Siedehitze momentan eine fast ganz klare Lösung.

Man kann den Versuch auch so anordnen, dass man die Stärke direkt mit Wasserstoffsuperoxydlösung verkleistert und zu dem steifen Brei Salmiakgeist gibt; der Erfolg ist der nämliche: unter reichlicher Gasentwickelung tritt sofortige Verflüssigung und Klärung ein. Das Gas besteht aus Sauerstoff und Kohlendioxyd.

Es mag hier für alle folgenden Versuche gleich hervorgehoben werden, dass sämmtliche Rückstände mikroskopisch kontrollirt wurden, um auch in morphologischer Hinsicht orientirt zu bleiben. Die Präparate wurden mit Jodlösung gefärbt untersucht. Die zu mikroskopirende Probe muss jedoch sehr gut mit Wasser ausgespült sein, da die durch das Wasserstoffsuperoxyd gebildeten Umwandlungsproducte noch eine sehr kräftige Blaufärbung mit Jod geben. Die »lösliche Stärke« kann aus ihrer Lösung mittelst Alkohol gefällt werden. Das so erhaltene Pulver ist im Wasser leicht löslich. Das Studium seiner chemischen Natur wird der nächsten Zeit vorbehalten.

Bei dem geschilderten günstigen Verlauf der Lösung wurden quantitative Versuche angestellt.

Von Kartoffelstärke, Maisstärke, Reisstärke und Weizenstärke wurden je zwei Proben zu 5 g mit 100 ccm H_2O_2, 20%, in einem geräumigen Becherglase verkleistert, in der Siedehitze mit einigen Cubikcentimetern Salmiakgeist versetzt und nach dem ersten Abbrausen noch einige Minuten weiter gekocht.

Der Befund bei den einzelnen Proben war der folgende:

1. Kartoffelstärke: Beide Proben hatten sich ohne Rückstand gelöst.

2. Maisstärke: Beide Proben hatten sich bis auf einen geringen, flockigen Rückstand gelöst. Derselbe wurde über ein gehärtetes, tarirtes Filter abfiltrirt, was glatt von Statten ging, zuletzt mit Hilfe der Saugpumpe, und gewogen. Rückstand für Probe I = 0,0005 g, für Probe II = 0,0006 g. Unter dem Mikroskop erschien der stärkefreie Rückstand als weisse,

amorphe Masse; bei seiner Geringfügigkeit konnte er nicht weiter untersucht werden. Wahrscheinlich bestand er aus der feinen Cellulose, welche die einzelnen Zellen des Endosperms umgibt, für welche sich vielleicht die kürzere Bezeichnung »Intercellulargewebe« empfiehlt.

3. Reisstärke: Befund wie bei 2. Nur bei einer Probe wurde die Wägung ausgeführt: 0,0027 g. Mikroskopisches Ergebnis ebenfalls wie 2.

4. Weizenstärke: Befund wie bei 2. Beide Rückstände wurden gewogen. Das Gewicht betrug

für Probe I 0,0180 g,
» » II 0,0041 g.

Bei der mikroskopischen Prüfung erwies sich der ungelöste Rest als fast ganz aus den Barthaaren des Weizenkorns bestehend. Daneben waren auch geringe Mengen von Intercellulargewebe bemerkbar.

Dieser letzte Versuch ist noch von besonderem Interesse, weil er die Ausführung einer von Wittmack angegebenen, bisher allein brauchbaren Methode zur Unterscheidung von Roggen- und Weizenmehl oder Erkennung von Gemischen beider bedeutend erleichtert. Das Princip der Methode ist nämlich auf der Verschiedenheit der Roggen- und Weizenbarthaare basirt. Die letzteren sind bei Weizen dickwandig, mit sehr engem Lumen, bei Roggen dünnwandig, mit weitem Lumen. Während das Princip sich als zuverlässig erwiesen hat, bot die Ausführung Schwierigkeiten, da das Auffinden der Haare sehr zeitraubend und unsicher war. Bei Anwendung des Wasserstoffsuperoxydverfahrens dagegen ist die ganze Untersuchung in wenigen Minuten beendet.

B. Verhalten gegen reine Cellulose.

Als reine Cellulose kommen hauptsächlich Watte und Filtrirpapier in Betracht. Als absolut rein dürften auch sie nicht zu betrachten sein. Wenn sich ein Agens gegen diese beiden Stoffe als indifferent erweist, so darf daraus noch nicht auf ein gleiches Verhalten gegen die bei weitem zugänglicheren Cellulosen des

Roggens oder Weizens geschlossen werden. Die Versuche geben nur insofern einen Anhalt, als diejenigen Mittel, welche diese resistenteren Formen der Cellulose angreifen, sicher als zu stark für die feineren Formen zu erachten sind.

1. Versuche mit Filtrirpapier.

Der Aschengehalt der untersuchten Sorte betrug 0,74%.

a) 0,78 g Filtrirpapier wurden mit 100 ccm des 20 proc. Wasserstoffsuperoxyds zum Sieden erhitzt, mit 10 ccm Salmiakgeist von 10% versetzt und noch ½ Stunde gekocht. Dieselbe Behandlung wurde den folgenden Proben und den Watten zu Theil.
Der Rückstand betrug 0,7430 g = 95,26%; Verlust 4,74%.

b) 0,82 g derselben Probe hinterliessen 0,7736 g = 94,35%; Verlust 5,65%.

c) Da die Probe zu den beiden vorstehenden Versuchen durch das scharfe Trocknen etwas bräunlich geworden war, so wurde eine neue Probe sorgfältig bei einer 102° nicht übersteigenden Temperatur getrocknet. 1,7610 g derselben hinterliessen nach Behandlung wie vorher 1,7130 g = 97,275%; Verlust 2,725%.

d) Der bei Versuch *c* erhaltene Rückstand wurde derselben Behandlung noch einmal unterworfen. Der Rest war diesmal 1,6880 g; neuer Verlust 1,46%.

e) 5 g derselben Sorte nach dem Lange'schen Verfahren untersucht, ergaben 4,6890 g Rückstand; darin 0,1750 g Asche; also aschefreier Rückstand 4,5140 g; Verlust 9,75%.

f) 2 g dem Glycerinkaliverfahren unterworfen liefern 1,7200 g Rückstand; darin ist 0,0125 g Asche, also aschefreier Rückstand 1,7075 g; Verlust 14,62%.

2. Versuche mit Watten.

a) Cellulose-Flockenwatte aus der Fabrik von M. Pech in Berlin. Enthielt 7,07% Wasser und 0,33% Asche.

α) 2 g lufttrockne Substanz mit H_2O_2 behandelt, hinterlassen 1,5915 g = 79,57%, hiervon 0,8230 g verascht, geben 0,0040 g Asche = 0,486% des Rückstandes. Aschefreier Rückstand 79,19%; Verlust 20,81% —7,40 = 13,41%.

β) 2 g der gleichen Watte nach dem Weender Verfahren behandelt hinterlassen 1,611 g; darin sind 0,0085 g Asche. Aschefreier Rückstand 80,125%; Verlust 19,875% —7,40 = 12,475%.

b) Prima-Verbandwatte von demselben. Enthält 5,53% Wasser und 0,13% Asche.

α) 2 g lufttrockener Substanz mit H_2O_2 behandelt hinterlassen 1,8450 g = 92,25%, hiervon 0,9925 g verascht ergeben 0,0020 g = 0,2% Asche. Aschefreier Rückstand 92,07%; Verlust 7,93% —5,66% = 2,33%.

β) 2 g desselben Materials nach dem Weender Verfahren behandelt; Rückstand 1,8485 g, die beim Verbrennen 0,00629 g Asche geben. Aschefreier Rückstand 92,115 %; Verlust 7,885 % —5,66 % = 2,225 %.

c) Holzwollwatte von demselben. Wasser und Asche nicht bestimmt.

α) 2 g mit H_2O_2 behandelt geben 1,6680 g Rückstand = 83,40 %, hiervon 0,8420 g verascht geben 0,0027 g Asche = 0,32 % des Rückstandes. Aschefreier Rückstand 83,13 %. Verlust 16,87 %.

β) 2 g desselben Materials nach dem Weender Verfahren untersucht ergeben 1,6750 g Rückstand, davon sind 0,0063 g Asche. Aschefreier Rückstand 83,36 %; Verlust 16,64 %.

In dem Verhalten gegen Watten lässt sich hiernach kein Unterschied zwischen dem Weender Verfahren und der Einwirkung von ammoniakalischem Wasserstoffsuperoxyd wahrnehmen.

C. Verhalten gegen Pflanzeneiweiss.

Wenn man sich nach dem alten Verfahren Kleber aus Weizenmehl herstellt, indem man das in einem Beutel eingeschlossene Mehl solange unter einer laufenden Wasserleitung knetet, bis das abfliessende Wasser klar erscheint, und behandelt diesen Rückstand mit Wasserstoffsuperoxyd bei Gegenwart von Ammoniak, so ist derselbe nach ungefähr ½stündigem Kochen vollständig aufgelöst. Ein geringes Sediment erweist sich unter dem Mikroskop als echte Cellulose. Auch der unter dem Namen Aleuronat im Handel befindliche gepulverte Weizenkleber ist ebenso vollständig löslich.

Neben dem Klebereiweiss ist noch eine zweite Art stickstoffhaltiger Verbindungen zu berücksichtigen. Wie aus der Herstellung des Klebers folgt, ist er der durch das ganze Endosperm vertheilte Eiweisskörper.

In der sogenannten Kleberschicht dagegen, welche mit dem Kleber absolut nichts zu thun hat, hat man wahrscheinlich gar keine eigentlichen Eiweisskörper, sondern Nucleïne vor sich. Darauf deuten nicht nur die abweichenden Lösungsverhältnisse der die Kleberzellen füllenden Körnchen, der Aleuronkörner, sondern auch der hohe Gehalt an Phosphor in der Kleie, welcher ausserdem zu dem Stickstoffgehalt in einem ziemlich festen Verhältnis bleibt.

Die Löslichkeit dieser Aleuronkörner in Wasserstoffsuperoxyd war ebenfalls zu prüfen. Da die reinen Verbindungen nicht zur Verfügung standen, so wurde mit fein vermahlener Kleie experimentirt. Durch mikroskopische Controle wurde erkannt, dass auch Nucleïne resp. die in der Kleberschicht der Kleie enthaltenen Aleuronkörnchen bei der in Rede stehenden Behandlung sich lösen. Der Lösungsprozess geht aber bedeutend langsamer, als bei Kleber vor sich, so dass mit Sicherheit auf eine Lösung nach ½stündigem Kochen nicht gerechnet werden kann. Für sehr kleiehaltige Mehle oder reine Kleie wird es daher erforderlich, neben dem Gehalt an Asche auch noch den Eiweissgehalt in Abzug zu bringen. Das geschieht, wie üblich, indem der Stickstoffgehalt mit 6,25 multiplicirt als Eiweiss in Rechnung gestellt wird. Der Factor 6,25 ist aber sicher zu hoch für die am Schlusse der Behandlung verbleibenden veränderten N-Verbindungen. Doch mag er der Gleichmässigkeit wegen beibehalten werden.

Von den nicht eiweissartigen Verbindungen kommen ausser den Kohlehydraten noch folgende im Getreide nachgewiesenen Bestandtheile für die Rohfaserbestimmung in Betracht:

1. Farbstoffe,
2. organische Säuren,
3. Gerbstoffe,
4. Bitterstoffe.

Von allen diesen wurde ohne besondere Versuche angenommen, dass sie mit Sicherheit bei dem unten beschriebenen neuen Verfahren in Lösung übergeführt werden.

Für das Pflanzenfett ist hinzuzufügen, dass geringe Mengen, 1—2%, sicher entfernt werden; sind grössere Mengen vorhanden, so muss vorherige Entfettung durch Extraction mit Aether stattfinden.

D. Feststellung der Methode.

Da das Ziel der vorliegenden Versuche die Auffindung eines bequemen und zuverlässigen Verfahrens zur Ermittlung der Rohfaser in Cerealien war, so wurde die Mehrzahl der Experimente

auch an Roggen- und Weizenkörnern bzw. deren Vermahlungsproducten gemacht.

Es war anzunehmen, dass die Quellung und Lösung der Stärke in Mehlen u. dergl. weniger glatt und schnell erfolgen würde, als wenn man mit isolirter Stärke zu thun hat. Darum wurde eine Reihe von Kochversuchen angestellt, um die zur Quellung und Lösung erforderliche Zeit zu ermitteln. Die Erfahrung hatte gelehrt, dass die an Kleietheilchen sitzenden Stärkekörner sich am langsamsten lösen; deshalb wurden Kleien zu diesen Versuchen bevorzugt.

Von Zeit zu Zeit wurden Kleietheilchen aus der siedenden Flüssigkeit entnommen und mikroskopisch untersucht. Nach ½stündigem Kochen war das Untersuchungsobject stets stärkefrei. Bei weniger groben Objecten sind 20 Minuten Kochzeit völlig genügend.

Von Wichtigkeit ist, dass die Quellung der Stärke vor dem Ammoniakzusatz vollendet ist; der Aufschliessungsprocess verlangsamt sich sonst. Die Art und Weise des Ammoniakzusatzes ist ebenfalls nicht ganz gleichgültig, da bei plötzlicher Zugabe des Alkalis das Schäumen sehr heftig wird, die Partikelchen in die Höhe gehoben werden und sich eine Zeit lang der Behandlung entziehen können.

Aus den sehr zahlreichen Versuchen, welche mit grösseren Reihen sehr detaillirter Mahlprodukte angestellt sind, hat sich schliesslich das folgende Verfahren als am zweckmässigsten ergeben.

Einige Erfahrung wird auch hier den Analytiker zweckmässige Abweichungen in dem einen oder anderen Sinne erkennen lassen.

Methode.

3 bis 5 g Mehl oder Kleie werden, wenn nöthig, soweit zerkleinert, dass das Ganze durch ein Sieb von 0,2 mm Maschenweite geht. Alsdann wird die Substanz in einem geräumigen Becherglase mit 100 ccm Wasser fein verrührt, so dass keine Klümpchen vor-

handen sind. Das Gemisch wird erhitzt und ½ Stunde gekocht, damit die Stärke vollständig quillt und auch die wasserlöslichen Bestandtheile sich auflösen; dann werden 50 ccm Wasserstoffsuperoxyd, 20 %, zugesetzt und noch 20 Minuten gekocht. Hierzu sind während des Kochens 15 ccm 5proc. Ammoniaks in kleinen Portionen von etwa 1 ccm zuzugeben. Nach vollendetem Zusatz ist das Kochen noch 20 Minuten fortzusetzen, dann ist heiss durch ein gewogenes Filter zu filtriren, mit siedendem Wasser auszuwaschen, zu trocknen und zu wiegen.

Von dem Rückstand ist der Aschengehalt in Abzug zu bringen. Bei sehr stickstoffreichen Körpern ist auch der mit 6,25 multiplicirte Gehalt an Stickstoff vom Rückstande abzurechnen.

E. Versuche mit Kleien.

Während bis vor wenigen Jahren unter der Bezeichnung »Kleie« ausschliesslich der schalenreiche Rückstand von der Mehlgewinnung verstanden wurde, muss man jetzt zwei durchaus verschiedene Arten von Kleie auseinanderhalten.

Ausser der nach alter Art durch Ausmahlen des Korns gewonnenen »Mahlkleie« gibt es jetzt noch eine »Schälkleie«, welche ein Product des modernen Bestrebens ist, die Schale des Korns möglichst vor der Vermahlung zu entfernen, und die sich daher wesentlich von der alten Kleie unterscheidet. Denn während die letztere neben einem nicht unerheblichen Stärkegehalt die ganze Samenhülle des Korns enthält, liegt in der Schälkleie ein stärkefreies Material vor, welches nur aus der mehr oder weniger vollständig »abgeschälten« Fruchthaut besteht. Diese ist zusammengesetzt aus Oberhaut, Mittelschicht, Querzellenschicht und Schlauchzellenschicht, enthält also nicht die Kleberschicht. Diese, zwischen der Fruchthaut und dem stärkeführenden Endosperm gelegen, verbleibt dem »geschälten Korn; denn wenn versehentlich das sogenannte Schälen (eine Art Abschleifen) zu tief geht, so wird durch das Aufreissen der Kleberschicht der Schälabfall schmierig und verdirbt die Maschinen.

Die Schälkleien erschienen deshalb als ein geeignetes Material, um festzustellen, wie sich die Wasserstoffsuperoxydmethode gegen die stickstofffreien meist noch unbekannten Bestandtheile des Korns verhält.

1. Versuche mit Schälkleien.

a) Roggenschälkleien. Zusammensetzung: Wasser 8,13 %; in der Trockensubstanz 11,92 % Proteïne, 12,32 % Asche, 2,10 % Fett. Der Rest der Trockensubstanz ist also gleich 73,66 %. Derselbe sollte nach Augenschein im Wesentlichen aus Cellulose bestehen.

α) 2 g nach dem neuen Verfahren behandelt, ergeben 0,7710 g Rückstand = 38,55 %, hiervon 0,4235 g verascht geben 0,0160 g Asche = 3,76 %. Rohfaser 37,10 %.

β) 2 g gleiches Material nach dem Weender Verfahren behandelt, geben 0,2140 g Rückstand, darin 0,0185 g Asche. Rohfaser 9,78 %.

b) Roggenschälkleie. Zusammensetzung: 10,30 % Wasser; in der Trockensubstanz: 14,00 % Proteïne, 4,05 % Fett, 4,60 % Asche; Rest also gleich 77,33 %. 1,5843 g nach der neuen Methode behandelt, ergeben 0,7692, Rückstand = 48,74 %; hiervon 0,2760 g verbrannt geben 0,0445 g = 16,12 % Asche. Rohfaser 40,88 %.

c) Roggenschälkleie. Zusammensetzung: 10,16 % Wasser; in der Trockensubstanz: 16,17 % Proteïne, 4,82 % Fett, 5,26 % Asche. Also Rest gleich 73,75 %. 1,3166 g geben nach dem neuen Verfahren 0,4770 g = 36,23 % Rückstand; hiervon 0,1105 g verascht geben 0,0030 g = 2,71 % Asche. Rohfaser 35,25 %.

d) Weizenschälkleie. Zusammensetzung: 8,83 % Wasser; in der Trockensubstanz: 11,92 % Proteïne, 6,03 Asche, 2,20 % Fett. Rest also gleich 79,85 %. 1,7811 g geben 0,6690 g = 37,56 % Rückstand. 0,1818 g hiervon giebt 0,0165 g = 2,08 % Asche. Rohfaser 34,15 %.

Für Roggenschälkleie ergibt sich hieraus, dass ungefähr 50 % der Trockensubstanz minus Proteïne, Fett und Asche Cellulose ist.

Von Weizenschälkleie lag nur eine Probe vor, so dass Vergleiche unterbleiben mussten.

Aus den Versuchen geht ferner hervor, dass die unbekannten Bestandtheile der Kleie dem Anschein nach durch Wasserstoffsuperoxyd glatt gelöst werden.

2. Versuche mit Mahlkleien.

Für diese Kleie ist eine solche constante Cellulosenzahl wie für Schälkleie nicht zu erwarten, da die Mahlkleien je nach dem Grade der Ausmahlung und der Mühleneinrichtung differiren

müssen. Für die hier mitgetheilten Versuche liegt daher der Schwerpunkt in der Constanz der Resultate für gleiches Material.

a) Roggenmahlkleie I:

α) 2,0785 g geben 0,6312 g Rückstand. 0,4310 g, hiervon geben 0,1705 g Asche = 38,56 %; 0,2002 g ebendavon nach Kjeldahl verbrannt geben soviel NH_3, dass 3,2 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 neutralisirt werden, (1 ccm $\frac{n}{10}$ $H_2SO_4 = 0{,}0014$ N $= 0{,}0014 \times 6{,}25 = 0{,}00875$ Proteïne), also 3,2 ccm $\frac{n}{10}$ $H_2SO_4 = 0{,}028$ g = 13,99 % Proteïne. Rohfaser 14,11 %.

β) 2,0650 g desselben Materials geben 0,54 g Rückstand, hiervon 0,2000 verascht = 0,0742 g = 37,10 % Asche, 0,3400 g zur N-Bestimmung = 2,5 ccm $\frac{n}{10}$ $H_2SO_4 = 0{,}0219$ g = 6,44 % Proteïne. Rohfaser 14,28 %.

b) Roggenmahlkleie II:

α) 2,3494 g geben 0,5334 g Rückstand, 0,1393 g geben 0,0505 g = 36,25 % Asche, 0,3941 g zur N.-Bestimmung = 3,00 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,02625 g = 6,66 % Proteïne. Rohfaser 12,96 %.

β) 1,7877 g geben 0,5227 g Rückstand, 0,3533 g geben 0,1370 g = 38,78 % Asche, 0,1694 g zur N-Bestimmung = 3,00 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,02625 g = 15,50 % Proteïne. Rohfaser 13,37 %.

c) Roggenmahlkleie III:

α) 1,6761 g geben 0,3310 g Rückstand, 0,1650 g geben 0,0430 g = 26,06 % Asche, 0,1660 g zur N-Bestimmung = 0,4 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,0035 g = 2,11 % Proteïne. Rohfaser 14,19 %.

β) 1,2210 g geben 0,2482 g Rückstand, 0,1345 g geben 0,0261 g = 19,41 % Asche, 0,1137 g zur N-Bestimmung = 1,3 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,0114 g = 10,03 % Proteïne. Rohfaser 14,34 %.

d) Weizenmahlkleie.

α) 1,4850 g geben 0,3880 g Rückstand, 0,0830 g geben 0,0150 g = 18,27 % Asche, 0,3050 g zur N-Bestimmung = 2,1 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,0184 g = 6,03 % Proteïne. Rohfaser 19,83 %.

β) 1,7268 g geben 0,5020 g Rückstand, 0,1353 g geben 0,0343 g = 25,35 % Asche, 0,3667 g zur N-Bestimmung = 2,75 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,0240 g = 6,54 % Proteïne. Rohfaser 19,80 %.

F. Versuche mit Schwarzmehl.

Das zu den folgenden Bestimmungen verwendete Schwarzmehl nähert sich sehr den Mahlkleien in seiner Zusammensetzung. Es wurde aus einem Roggen hergestellt, derart, dass die ersten 75 % Ausbeute zur Brotbereitung Verwendung fanden,

die folgenden 10 % das Schwarzmehl und der Rest die Mahlkleie bilden.

1. Versuche mit der neuen Methode

a) 2 g hinterlassen 0,2578 g Rückstand, 0,1220 g geben 0,033 g = 2,70 % Asche. Rohfaser 12,63 %.

b) 2,3684 g hinterlassen 0,3468 g; darin 0,0065 g Asche. Rohfaser 12,85 %.

c) 2,3183 g hinterlassen 0,3266 g; darin 0,0050 g Asche. Rohfaser 12,55 %.

d) 1,9313 g hinterlassen 0,2819 g; darin 0,0047 g Asche. Rohfaser 12,93 %.

2. Versuche mit dem Weender Verfahren.

a) 3,0 g hinterlassen 0,1327 g; darin 0,0220 g Asche. Rohfaser 3,690 %.

b) 2,0 g hinterlassen 0,0750 g; darin 0,0030 g Asche. Rohfaser 3,645 %.

G. Versuche mit ganzem Korn.

1. Weizenkörner:

a) 5,2284 g hinterlassen 0,3855 g = 7,37 % Rückstand, 0,1868 g geben 0,0314 g = 16,81 % Asche, 0,1987 g zur N-Bestimmung = 2,4 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,0210 g = 10,57 % Proteïne. Rohfaser 5,36 %.

b) 4,9828 g hinterlassen 0,4316 g = 8,46 % Rückstand, 0,1825 g geben 0,0450 g = 24,66 % Asche, 0,2491 g zur N-Bestimmung = 2,65 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,0232 g = 9,31 % Proteïne. Rohfaser 5,72 %.

2. Roggenkörner, geschält und ungeschält:

a) Probe I ungeschält.
6,0926 g hinterlassen 0,5907 g = 9,70 % Rückstand, 0,2750 g geben 0,0501 g = 18,22 % Asche, 0,3157 g zur N-Bestimmung = 3,4 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,02975 g = 9,42 % Proteïne. Rohfaser 7,02 %.

b) Probe I geschält.
4,8700 g hinterlassen 0,3634 g = 7,46 % Rückstand, 0,1037 g geben 0,0320 g = 30,95 % Asche, 0,2597 g zur N-Bestimmung = 2,8 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,0245 g = 9,43 % Proteïne. Rohfaser 4,47 %.

c) Probe II ungeschält.
4,811 g hinterlassen 0,4107 g = 9,82 % Rückstand, 0,1507 g geben 0,0331 g = 21,96 % Asche, 0,2600 g zur N-Bestimmung = 3,2 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,0289 g = 11,12 % Proteïne. Rohfaser 6,53 %.

d) Probe II geschält.
3,7984 g hinterlassen 0,3196 g = 8,41 % Rückstand, 0,1677 g geben 0,0556 g = 33,17 % Asche, 0,1520 g zur N-Bestimmung = 2,2 ccm $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 = 0,0192 g = 12,63 % Proteïne. Rohfaser 4,56 %.

Die in diesem Abschnitt g mitgetheilten Bestimmungen sind aus einer Zeit, in welcher die Erfahrungen mit der Methode

noch geringe waren. Diese Zahlen erheben deshalb noch nicht den Anspruch auf vollständige Zuverlässigkeit. Nichtsdestoweniger werden sie nicht ohne Werth und Interesse sein.

Die im Anfange dieser Arbeit aufgestellten Anforderungen an eine brauchbare Methode sind, wie bewiesen worden ist, durch das Wasserstoffsuperoxyd durchweg erfüllt.

Es hat sich gezeigt, dass die eine Behandlung mit der einen Flüssigkeit, ammoniakalisches Wasserstoffsuperoxyd, genügt, um

1. die gesammte Stärke zu lösen,
2. die Eiweissstoffe im allgemeinen ebenfalls zu entfernen.

Die Methode kann demnach ausser der Erfüllung dieser beiden Bedingungen auch Anspruch darauf machen, die verlangte Einfachheit zu besitzen.

Aus den Versuchen mit Watten und Filtrirpapier, gemeiniglich als reine Cellulose angesehen, geht hervor, dass das Wasserstoffsuperoxydverfahren diese Körper nicht angreift, dagegen befähigt ist, die diesen Substanzen noch beigemengten, geringen Quantitäten fremder Bestandtheile ebenso vollständig zu entziehen, wie das im Uebrigen viel energischer wirkende Weender Verfahren.

Nicht als der geringste Vorzug der Methode ist die gute Filtrirbarkeit der erhaltenen Lösungen hervorzuheben.

Die erzielten Resultate sind auch genügend constant. Die bis zu etwa 6% der erhaltenen Zahlen schwankenden Werthe sind für so komplexe Begriffe, wie die Rohfaser es bis auf Weiteres noch ist, als zu weit nicht zu bezeichnen. Doch ist anzunehmen, dass diese Grenze bei noch weiteren Erfahrungen bedeutend verengert werden kann.

Ein erschwerender Umstand bei der Vorlage eines neuen Verfahrens zur Rohfaserbestimmung ist der, dass immer noch vielfach die Weender Methode als eine Art officielles Normal-Verfahren angesehen wird. Darauf haben die Autoren desselben (siehe vorn Nr. 34) niemals Anspruch gemacht — im Gegentheil, sie sind sich zum grossen Theil der Mängel bewusst gewesen und haben das Verfahren als ein »nur vorläufiges« angesehen wissen wollen.

Auch das hier mitgetheilte Verfahren macht keinen Anspruch darauf, die wichtige Cellulosefrage gelöst zu haben. Immerhin dürfte das neue Princip einen kleinen Fortschritt zu dem angestrebten Ziel bedeuten.

Als Zeichen dafür, dass die neue Methode bei der Untersuchung von Reihen von Mühlenproducten sich bereits bewährt hat, insofern sich ein sinngemässes Ansteigen des Rohfasergehaltes erkennen lässt, mag eine aus einer österreichischen Kunstmühle stammende kleinere Serie von Producten aus dem gleichen Rohmaterial hier Platz finden.

Zusammensetzung von Mahlproducten aus demselben Rohmaterial.

Nr.	Bezeichnung	Wasser	In der wasserfreien Substanz				
			Proteïne	Fett	Asche	Rohfaser	Rest
1	Roggen, Rohwaare	12,42	12,36	1,37	2,23	6,01	78,03
2	Roggen, geschält	12,30	12,26	1,12	2,10	4,00	80,52
3	Schälkleie	10,30	14,00	4,05	4,60	36,08	41,27
4	Roggen, so tief geschält, dass die Kleberschicht mit entfernt ist	11,20	9,80	0,75	1,56	2,14	85,75
5	Geschälter Roggen (2), grob gebrochen	11,90	12,03	1,63	2,15	4,39	79,80
6	Roggenschrot, nach der ersten Riffelwalze, unsortirt . .	11,76	12,03	1,67	2,22	4,50	79,58
7	Desgl. nach der zweiten Riffelwalze	12,12	15,53	2,22	2,74	6,43	73,08
8	Roggenmehl bester Qualität	12,06	7,11	0,55	0,54	0,95	90,85
9	Roggenmehl aus Nr. 2, 77 bis 78% Ausbeute	11,46	8,42	0,81	0,82	2,68	87,27
10	Die nach Nr. 9 verbleibende Mahlkleie	11,14	17,94	2,77	6,35	10,24	62,70
11	Roggenmehl, nach 77—78% noch 5% Ausbeute, also v. 77—82%	10,90	18,22	2,58	4,35	12,29	62,56
12	Die nach Nr. 11 verbleibende Mahlkleie	10,09	18,81	3,49	7,29	14,19	56,22
13	Roggenmehl aus 2, 82% Ausbeute	10,80	9,19	1,04	1,12	2,96	85,69
14	Mahlkleie 12 mit Wasser ausgelaugt	11,36	12,03	1,92	3,63	14,34	68,06